Aus der Universitäts-Augenklinik Basel
Direktor: Prof. Dr. A. Brückner

Untersuchung spezifischer Schwellen mittels des Pulfrichschen Stufenphotometers

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Hans Meister
aus Merishausen / Schaffhausen

1934
Johann Ambrosius Barth / Leipzig

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. A. Brückner

Tag der Promotion: 21. Dezember 1933

Drucklegung genehmigt: gez. E. Ludwig
z. Zt. Dekan

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Arbeit erscheint gleichzeitig in der
Zeitschrift für Sinnesphysiologie, Bd. 65, Heft 5 u. 6 (1934)

In der Arbeit von M. Wieland[1] sind Untersuchungen mitgeteilt worden, die sich auf die Bestimmung der spezifischen Schwellen bei Normalen, Farbenuntüchtigen und Konduktorinnen erstrecken. Dieser Autor verwendete das Pulfrichsche Stufenphotometer, das auch von anderer Seite bei physiologisch-optischen Beobachtungen herangezogen worden ist.

Herr Privatdozent Dr. Franceschetti veranlaßte mich, die Untersuchungen von Wieland zu erweitern, insbesondere auch die Verhüllungsschwelle zu ermitteln, d. h. festzustellen, wann bei den in Betracht kommenden Personen eine eben merkliche Zumischung von weißem Licht auf farbigem Felde erkannt wird. Der Apparat gestattet ohne weiteres eine Bestimmung des Zusatzes an farbig oder weiß wirkendem Licht zu einer gegebenen Strahlung.

Da die Verwendung des Apparates voraussichtlich sich weiter ausdehnen wird, schien es nicht unwichtig, neben der besonderen Aufgabe, die spezifischen Schwellen zu untersuchen, auch zu prüfen, welche Fehlerquellen hierbei in Betracht kommen. In der Tat hat sich gezeigt, daß bei Massenuntersuchungen, also bei der Heranziehung ungeübter Vpn., die Methode zwar sehr schnell arbeitet, aber doch, wie bei allen ähnlichen Verfahren, mit Fehlerquellen gerechnet werden muß. In dieser Hinsicht war es sehr lehrreich, einzelne der Vpn. Wielands einer Nachkontrolle zu unterziehen.

Die Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung war die gleiche, wie sie von Wieland angewendet wurde, d. h. das Stufenphotometer stand in einem mäßig verdunkelten Raum mit hellgrauen Wänden; bei geschlossenen Fensterläden

[1] Max Wieland, Untersuchungen über Farbenschwäche bei Konduktorinnen. *Graefes Arch.* **130**, 441 (1933).

wurde eine Mittelbeleuchtung durch eine mattierte 150 Watt-Osramlampe geliefert. An diese Beleuchtung adaptierten sich die Vpn. 5 Minuten.

Als Lichtquelle für den Apparat wurde eine 120 Wattlampe benutzt. Als Farbfelder verwendet wurden dieselben grünen und roten Täfelchen, die schon Wieland benutzte (Täfelchen des Ostwaldschen Farbenatlas: Rot 25 n und Grün 83/la) mit den entsprechenden grauen Täfelchen (Grau g und Grau h), die etwa die gleiche Helligkeit wie die verwendeten Farben Rot bzw. Grün hatten.

Es wurden Versuche angestellt, die in Übereinstimmung mit dem von Wieland angegebenen Verfahren zuerst in beiden Feldhälften ein gleich helles Grau zeigten, worauf auf der rechten Seite durch Drehen an der Schraube des Krügerschen Zusatzapparates in der rechten Feldhälfte etwas Grün bzw. Rot zugemischt wurde. Neben diesen Versuchen, die wegen der Beleuchtung auch der linksseitigen Feldhälfte, die bei Farbenzumischung auf der rechten im Sinne einer Begünstigung der Farbenerkennung durch Kontrast wirksam war, wurden auch noch eine größere Anzahl Beobachtungen ohne das linksseitige Halbfeld angestellt: Dieses war also verdunkelt und es erschien nun ausschließlich die rechte Feldhälfte anfänglich grau, ihr wurde dann allmählich Farbe zugesetzt. Endlich wurden Beobachtungen zur Ermittlung der Verhüllungsschwelle vorgenommen, bei denen in beiden Feldhälften zunächst Licht, welches von den beiden gleichfarbigen Täfelchen reflektiert wurde, dargeboten wurde. Auf der rechten Hälfte wurde dann weißes Licht (bzw. Licht, welches von einem gleich hellen grauen Täfelchen reflektiert wurde) zugemischt. Die Vp. hatte dann anzugeben, wann sie einen merkbaren Unterschied in der Sättigung der Farbe wahrnahm.

Der Durchmesser des gesamten Feldes betrug 45 mm auf 240 mm, was einem Gesichtswinkel von 10° 37′ entspricht. Das Halbfeld (Halbkreis) war also entsprechend kleiner.

Fehlerquellen

Ehe die Mitteilung der Resultate erfolgt, seien kurz die Fehlerquellen erörtert.

a) Fehlerquellen, die im Apparat begründet sind

Eine Hauptschwierigkeit wie fast bei allen, subjektiver Beobachtung dienenden Apparaten liegt in der engen Austrittspupille des Instrumentes. Kleine Verschiebungen des Auges, wie sie bei ungeübten Vpn. leicht vorkommen, bedingen Störungen oder auch, entsprechend dem Strahlengang, auf der Feldhälfte, die das Mischlicht enthält, Änderungen in dem Aussehen dieses Feldes. Die zur Justierung des Kopfes angebrachte Gummischale ist geeignet, die richtige Lage zu sichern; doch schaltet sie den hier in Betracht kommenden Fehler nicht ganz aus. Es erscheint durchaus möglich, daß Unterschiede bei Ermittlung der Schwellen, wie sie

bei ein und derselben Vp. zu verschiedenen Zeiten vorkamen, auf der nicht genauen Orientierung des Auges gegenüber der Austrittspupille beruhen.

Vor allem bei der Ermittlung der Verhüllungsschwelle ist die enge Austrittspupille sehr störend, da durch leichte Verschiebung des Auges von rechts nach links bald die rechte, bald die linke Feldhälfte dunkler werden kann. Da insbesondere beim Rot die verhüllte Seite grauer und dadurch etwas dunkler erscheint (wohl wegen der spezifischen Helligkeit des Rot), können hierdurch Fehlurteile bedingt werden.

Die Änderung der Lage der beiden zu mischenden farbigen Felder ist am ursprünglichen Modell insofern unbequem, als der Triebkopf am Krügerschen Zusatzapparat zu klein ist. Er ist an dem von uns verwendeten Apparat durch einen größeren ersetzt worden. Da es sich bei der Art der Anordnung von Skala und Trieb nicht um eine Feineinstellung handelt, sondern um relativ grobe Verschiebungen, so liegt in dieser Einstellung eine nicht geringe Fehlerquelle trotz des vorhandenen Nonius. Weil es bei unseren Versuchen vor allem aus Zeitmangel nicht möglich war, die Methode der mittleren Abstufungen anzuwenden, d. h. jeweils eine Stellung der Farbfelder zu fixieren und dann das Urteil von der Vp. abgeben zu lassen, sondern wir uns darauf beschränken mußten, durch sukzessives Zumischen, d. h. kontinuierliche Drehung am Triebkopf der Schraube, eine Änderung in dem Mischungsverhältnis des einen Halbfeldes zu erzielen, kam es leicht zu Überdosierungen

Insbesondere der erste Faktor hätte es wünschenswert erscheinen lassen, die Untersuchungen mit objektiver Darbietung der Farbenflächen etwa mittels Projektion an eine Wand oder am Farbenkreisel vorzunehmen. Eine Ergänzung der Untersuchungen von Wieland und meiner eigenen mit einer derartigen Methode wäre wünschenswert.

b) Subjektive Fehlerquellen

Wichtiger als die eben angeführten objektiv bedingten Fehlerquellen, die sich schließlich bei einiger Übung der Vp. und des Vl. erheblich in ihren Folgen einschränken lassen, sind die in subjektiven Faktoren gelegenen. Ganz abgesehen von der allgemeinen Zuverlässigkeit im Beobachten und in der Abgabe des Urteils, wie sie bei jedem derartigen Versuch in Betracht kommen und

die sich in der Regel in der verschieden starken Streuung der Einzelresultate bei ein und derselben Vp. zu erkennen geben, gibt es noch andere, die kurz angeführt werden müssen.

Bei der, wie gesagt, aus Zeitersparnis gebotenen kontinuierlichen Änderung des einen Farbfeldes muß sich notwendigerweise ein Einschleichen des zugemischten Anteiles an Farbe bzw. an Weiß (bei der Verhüllungsschwelle) in dem Sinne störend bemerkbar machen, daß eine gewisse Lokaladaptation eintritt. Es wurde zwar angestrebt, für die Erreichung der Schwelle jeweils etwa die gleiche Zeit zu benützen, nämlich nicht mehr als 5 Sekunden. Da bei der Rotschwelle der erforderliche Farbzusatz kleiner war als bei der Grünschwelle, mußte entsprechend der Triebkopf am Krüger'schen Zusatzapparat im ersten Fall langsamer, im zweiten schneller gedreht werden. Doch ist natürlich bei dieser Art der Zumischung eine nicht genau feststellbare Fehlerquelle gegeben, die zweifellos von Einfluß sein muß, insbesondere, wenn man berücksichtigt, daß wahrscheinlich die lokale Umstimmung individuell zeitlichen Differenzen unterworfen ist.

Namentlich bei den Versuchen mit Kontrastfeld (siehe S. 218) wird häufig, wie das ja bekannt ist, zunächst nicht die farbige Beimischung auf dem variablen Feld erkannt, sondern die Kontrastfärbung auf dem anderen. Die individuell verschieden stark entwickelte Kontrastfunktion — insbesondere kommen hier die Anomalen in Betracht — mußte sich hierbei einmischen. Vor allem machte sich das bei Grün bemerkbar, wobei links oft zunächst Rot gesehen wurde. Bei diesen Versuchen wurde daher dem Beobachter die Instruktion erteilt, sich nicht nach der auftretenden Kontrastfarbe zu richten, sondern sein Urteil erst auf Grund der im variablen Feld erscheinenden Farbenbeimischung abzugeben. Daher war in diesen Fällen der Schwellenwert zum Teil ziemlich hoch.

Bei Bestimmung der Rotschwelle wurde von manchen Vpn. zuerst Orange gesehen und dann erst Rot angegeben.

Häufig wurde auch zuerst eine leichte Helligkeitsdifferenz erkannt. Obwohl die zur Zumischung farblosen Lichtes verwendeten Graupapiere aus dem Ostwaldschen Atlas nach der Eindruckshelligkeit mit möglichster Sorgfalt ausgesucht worden waren, um wirklich gleich hell mit dem gewählten farbigen Papier zu sein, ist bekanntlich eine derartige heterochrome Photometrie nur innerhalb gewisser Fehlergrenzen ausführbar. Andere Verfahren der heterochromen Photometrie heranzuziehen, war nicht möglich,

weil eben nur die Farbtäfelchen des Atlas zur Verfügung standen, was u. a. die Anwendung der Flimmermethode nicht erlaubte.

Als Fehlerquelle ist weiter zu berücksichtigen, daß nicht nur der gegenseitige Kontrasteinfluß der beiden Halbfelder in Betracht kommt, sondern auch der Einfluß der tief dunklen Umgebung. Hierdurch wird eine kontrastive Aufhellung des Beobachtungsfeldes bewirkt, deren Ausmaß im Einzelfalle vor allem durch die Beobachtungsdauer bedingt wird. Da diese notwendigerweise aus den oben angeführten Gründen nicht immer ganz gleich gehalten werden konnte, so war hierdurch eine Beeinflussung der spezifischen Farbenschwelle möglich. Insbesondere mußte das für die Grünschwelle gelten, bei der überdies noch ein weiteres Moment in Betracht kommt: Da bei einer gewissen Dunkeladaptation untersucht wurde, wurde wegen des höheren Dämmerungswertes des Grün dieses weißlicher gesehen als bei maximaler Helladaptation. Es mag sein, daß mit hierauf die relativ hohen Grünschwellen zurückzuführen sind. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß ja farbige grüne Papiere niemals den Sättigungsgrad aufweisen wie insbesondere rot und blau gefärbte. Demzufolge bedarf es eines größeren Grünzusatzes zum tonfreien Feld, um die spezifische Farbenschwelle zu erreichen.

Ob gewisse Differenzen bei den Schwellenbestimmungen der Konduktorinnen in Abhängigkeit von dem Typus der vererbten Farbensinnstörung auf die zuletzt genannten Momente zurückzuführen sind, erscheint nach den neueren Untersuchungen von Jaensch [1], bei denen Differenzen für die manifest Affizierten nachgewiesen wurden, möglich.

Daß bei der Schwellenbestimmung ohne helles Kontrastfeld, d. h. bei dunklem Halbfeld auf der anderen Seite, also bei allseits dunklem Umfeld, die Schwellen durchweg höher ausfielen, ist einerseits wohl durch die kontrastive Aufhellung, die hier noch wirksamer war, zu erklären, im wesentlichen aber wohl dadurch, daß das Vergleichsfeld fehlte. Hier machte sich das angewendete Verfahren des allmählichen Einschleichens auch besonders bemerkbar.

Beim Grün zeigte sich die Entsättigung nicht nur durch ein leichtes Fahlerwerden, sondern auch durch das Auftreten eines

[1] E. R. Jaensch, Über Schichtenstruktur und Entwicklungsgeschichte der psychophysischen Organisation. *Z. Psychol.* **129**, 158 (1933). Ref. *Zbl. Ophthalm.* **29**, 631.

leichten Stiches ins Gelbliche, obwohl das Grün durchaus tonfrei erschien und auch im indirekten Sehen nicht gelblich wurde. Beim Rot war eine Änderung des Farbtones nicht nachweisbar, sondern das Feld wurde nur schwärzlicher. Natürlich kam auch bei der Verhüllungsschwelle der sukzessive Kontrast als störendes Moment in Betracht, so daß auch ohne Änderung des Zusatzes an tonfreier Strahlung die Felder sich wie mit einem schwärzlichen Schleier bedeckten, wenn etwas länger beobachtet wurde. Die Verstimmung des Auges gibt sich auch durch das Auftreten eines negativen Nachbildes nach Augenschluß zu erkennen. Diese Faktoren und auch die schwierigere Beurteilung der Sättigungsdifferenz als solcher führten wohl mit dazu, daß die Verhüllungsschwelle wesentlich höhere Werte ergab als die spezifische Farbenschwelle.

Das Versuchsverfahren im einzelnen war folgendes: Die Vp. wurde veranlaßt, das Auge auf das Okular des Apparates anzulegen und sich durch leichtes Hin- und Herbewegen des Kopfes von der Enge der Austrittspupille zu überzeugen, damit sie dann unter optimaler Stellung von Kopf und Auge beobachten konnte. Sie wurde auf das weiße Feld und den senkrechten, scharfen Halbierungsstrich aufmerksam gemacht und ein Urteil verlangt, ob beiderseits gleiche Farbe und Helligkeit bestehen. Um zu demonstrieren, worauf es ankam, wurde Farbe zugemischt, bis eine deutlich überschwellige Farbenempfindung auf der rechten Feldhälfte erschien. Auf diese Weise wurden 5, für einzelne Personen auch nur 3 Bestimmungen ausgeführt, wobei Angabe des ersten Auftretens von Farbe verlangt wurde. Nach jedem Einzelversuch wurde eine kurze Pause eingeschaltet, um die lokale Umstimmung wieder auszuschalten. Die Versuche bei Darbietung nur des rechten Halbfeldes, während das linke vollständig verdunkelt wurde, waren analog angeordnet.

Bei Ermittlung der Verhüllungsschwelle wurden bei beidseits maximal geöffneten Blenden auf beide Schieber des Objekttisches gleiche Farbplättchen von der zu untersuchenden Farbe aufgelegt. In der einen Feldhälfte wurde dann ein gleich helles Grau durch Änderung der Schieberstellung zugemischt und hierdurch die Sättigung herabgesetzt. Die Vp. sollte den Moment angeben, in dem sie einen Unterschied zwischen den beiden Feldern im Sinne eines „Verwaschenwerdens“ des rechten wahrnahm.

Die Berechnung des jeweiligen Anteiles an farbig wirkendem Licht zu dem tonfreien oder umgekehrt (bei der Verhüllungsschwelle) erfolgte nach der Formel $\% = 50 - 5\sqrt{c}$, worin c den Skalenteil auf der Trommel angibt. Die Ableitung der Formel findet sich bei Wieland (a. a. O. S. 450/451). Die im nachfolgenden angegebenen Zahlen drücken also die prozentuale Beimischung von Farbe (bei den spezifischen Schwellen) oder von farblos wirkendem Licht (bei den Verhüllungsschwellen) aus, die nötig ist, um die eben merkbare Empfindungsänderung hervorzurufen. Diese Werte sind

Mittelwerte aus 5 bzw. 3 Einzelbeobachtungen. Ich verzichte zwecks Raumersparnis darauf, die Streuung im Einzelfall mitzuteilen. Sie war durchweg nicht hoch. Aus demselben Grunde sollen im folgenden auch nur die Mittelwerte (M), die Streuung (σ) und der mittlere Fehler (m) der Resultate in jeder Gruppe von Versuchen wiedergegeben werden.

Untersuchungen an Normalen und an Farbenuntüchtigen

In Tab. 1 sind die Mittelwerte der Schwellen für Rot und Grün bei 25 Normalen eingetragen, und zwar bei Vorhandensein eines gleich hellen Grau als Kontrastfeld, sowie diejenigen ohne dieses Kontrastfeld, also mit durchweg dunkler Umgebung.

Tabelle 1

Schwellenwerte bei Normalen

	mit Kontrastfeld		ohne Kontrastfeld		Verhüllung	
	Rot	Grün	Rot	Grün	Rot	Grün
Mittelwert M	4,8	10,4	5,6	18,5	10,1	10,2
Zahl der Versuchspersonen n	25	25	23	23	39	39
Mittlerer Fehler des Mittelwertes m	± 0,2	± 0,7	± 0,2	± 0,7	± 0,3	± 0,3
Streuung σ	± 1,0	± 3,5	± 0,8	± 3,6	± 2,0	± 2,2
k [1]			2,9	7,9		

Es zeigt sich, daß der Mittelwert im zweiten Fall höher ist als im ersten, also hierin sich ein ziffernmäßiger Beleg für die schon längst bekannte Tatsache findet, derzufolge neben einem Kontrastfeld die Farbenschwelle früher erreicht wird als ohne ein solches. Für Rot ist die Differenz zwar nicht sehr erheblich, wohl aber für Grün, dessen Schwelle absolut viel höher liegt. Bemerkenswert ist im Gegensatz hierzu, daß für den Normalen die Verhüllungsschwelle, d. h. die eben wahrnehmbare Entsättigung sowohl für Rot als für Grün etwa gleich hoch ist. Vielleicht beruht das darauf, daß das Grün an sich schon weniger gesättigt ist als das Rot, infolgedessen ein leichter Zusatz von farblosem Licht eher einen merkbaren Unterschied bedingt als beim Rot, welches gesättigter ist und also einen relativ größeren Zusatz an weißem Licht verträgt.

[1] Der in den Tabellen aufgeführte Faktor k ist ein variationsstatistisches Maß, um den Unterschied von Mittelwerten aus zwei verschiedenen Versuchsreihen beurteilen zu können. Er hat die Formel:

Die gefundenen Schwellenwerte für die Deuteranomalen sowie deren Verhüllungsschwellen sind durchweg erheblich höher als die für Normale (Tab. 2). (In noch höherem Maße gilt das für die Schwellenwerte der extrem Deuteranomalen, Tab. 3). Bemerkenswert ist, daß hier im Gegensatz zu den Normalen die Schwellen für Rot und Grün beide etwa gleich hoch sind, wobei die Verhüllungsschwelle auffallenderweise wesentlich niedriger ist als die spezifische Schwelle mit und ohne Kontrastfeld. Eine Erklärung hierfür ist zunächst nicht zu geben.

Tabelle 2

Schwellenwerte bei Deuteranomalen

	mit Kontrastfeld		ohne Kontrastfeld		Verhüllung	
	Rot	Grün	Rot	Grün	Rot	Grün
Mittelwert M	9,2	21,6	18,0	28,2	11,1	14,9
Zahl der Versuchspersonen n	25	25	12	10	25	23
Mittlerer Fehler des Mittelwertes m	± 1,0	± 2,3	± 4,1	± 4,8	± 0,7	± 1,2
Streuung σ	± 5,1	± 11,8	± 14,1	± 15,1	± 3,4	± 5,9
k	4,2	4,6	3,1	2,0	1,4	3,6

Der mittlere Fehler des Mittelwertes und die Streuung sind namentlich beim Rot relativ sehr groß.

Ähnliches gilt von den Schwellenwerten für die Protanomalen (Tab. 7) und für die extrem Protanomalen, von denen aber nur so wenige untersucht werden konnten, daß diese Werte nicht mitgeteilt werden.

Die Untersuchung der Schwellenwerte ohne Kontrastfeld ergibt für die Deuteranomalen (Tab. 2) erheblich höhere Schwellen für beide Farben, das gleiche gilt noch ausgesprochener für die

$$k = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}.$$

Bezüglich der variationsstatistischen Bedeutung kann u. a. auf die zitierte Arbeit von Wieland verwiesen werden. Außer in Tab. 1, in der der Faktor k den Vergleich der Schwellenwerte ohne und mit Kontrastfeld charakterisiert, ist sonst durchweg k als Vergleichsfaktor mit den Werten des Normalen, wie sie in Tab. 1 für die betreffende Versuchsart angegeben sind, verwendet. Ein Wert von $k > 2$ ist mit Wahrscheinlichkeit, ein Wert von $k \geq 3$ mit Sicherheit als ein tatsächlicher Unterschied zwischen den Mittelwerten zweier Versuchsgruppen anzusehen.

extrem Deuteranomalen (Tab. 3) bzw. die Übergänge zu den Deuteranopen. Auffallend ist bei den Protanomalen (Tab. 4), daß die Schwellenwerte sehr stark schwanken. Die Zahl der Beobachtungen ist aber hier zu klein, um daraus Schlüsse zu ziehen.

Tabelle 3

Schwellenwerte bei extrem Deuteranomalen

	mit Kontrastfeld		Verhüllung	
	Rot	Grün	Rot	Grün
Mittelwert M	32,1	33,5	16,3	15,8
Zahl der Versuchspersonen n	5	4	5	4
Mittlerer Fehler des Mittelwertes m	± 7,6	± 1,2	± 4,4	± 1,2
Streuung σ	± 17,1	± 2,3	± 9,9	± 2,4
k	3,6	16,9	1,4	4,5

Tabelle 4

Schwellenwerte bei Protanomalen

	mit Kontrastfeld		Verhüllung	
	Rot	Grün	Rot	Grün
Mittelwert M	19,3	15,4	16,5	16,2
Zahl der Versuchspersonen n	5	5	5	5
Mittlerer Fehler des Mittelwertes m	± 3,2	± 1,2	± 4,2	± 2,4
Streuung σ	± 7,2	± 2,6	± 9,3	± 5,3
k	4,5	3,7	1,5	2,5

Tabelle 5

Schwellenwerte bei 4 „Normalen", die Ishihara schlecht lesen

Rot mit Kontrastfeld	Grün mit Kontrastfeld	Verhüllung von Rot	Verhüllung von Grün
4,0	6,7	8,2	9,8
5,0	6,5	8,0	13,1
4,5	8,4	10,5	9,9
4,6	6,9	10,0	14,2

Von den normalen Fällen habe ich diejenigen herausgenommen, die die Ishiharatafeln schlecht lasen, ohne daß sie sich am Anomaloskop als wirklich farbenuntüchtig erwiesen. Sie gesondert zu betrachten, ist insofern berechtigt, als man daran denken könnte, entsprechend früheren Anschauungen, es gebe eine Farbenschwäche (bzw. Schwellenerhöhung), die nicht in Korrelation steht mit einer sonstigen Farbensinnstörung, wie sie die anomalen Trichromaten darstellen. Wie aus Tab. 5 hervorgeht, sind aber die Werte, die sich hier fanden, durchaus innerhalb des Bereiches der Streuung der übrigen Normalen. Es gilt dies sowohl für die Schwelle mit Kontrast als auch für die Verhüllungsschwelle.

Untersuchungen an Konduktorinnen

Zur Beurteilung des Wertes der Methode ist vor allem ein Vergleich mit den Werten, die Wieland bei seinen Untersuchungen gefunden hat, lehrreich. Da Wieland sich auf die Schwelle mit Kontrastfeld beschränkt hat, so ist nur mit meinen analogen Beobachtungen ein Vergleich möglich. Es zeigt sich (s. Tab. 6), daß bei Wieland die Mittelwerte fast durchweg und zum Teil sogar erheblich höher sind als bei meinen Vpn., auch daß, wie schon allein aus den höchsten und niedrigsten Werten zu entnehmen, die Streuung bei Wieland erheblich höher ist. Es gilt das durchweg für alle untersuchten Typen. Worauf das zurückzuführen ist, läßt sich natürlich schwer sagen, da beide Untersucher unabhängig voneinander geprüft haben. Es ist andererseits zu berücksichtigen, daß durch die älteren Untersuchungen von Wieland bereits gewisse Erfahrungen mit dem Stufenphotometer vorlagen, die ich ausnutzen konnte. Vielleicht beruht es auch darauf, daß die Art der Einstellung bzw. des Einschleichens der Farbenzumischung bei beiden Untersuchern nicht im gleichen Tempo erfolgte. Es würde also der auf S. 220 erwähnte Faktor von Einfluß sein. Diese Ungleichheiten ließen sich nur dann vermeiden, wenn man die Methode der mittleren Abstufungen verwendete (d. h. sukzessive Einstellung bestimmter Mischungsverhältnisse) die dann beurteilt wird, und aus den gefundenen Angaben die Ermittlung des Schwellenwertes vornähme. Bei Untersuchungen an Patienten, die natürlich nur eine beschränkte Zeit zur Verfügung stehen, sind derartige Untersuchungen aber wohl kaum in genügendem Umfange durchführbar, um brauchbare Werte zu erhalten.

Generell aber läßt sich auch aus meinen Ergebnissen ablesen, daß für die Konduktorinnen (s. Tab. 7), ebenso wie Wieland es gefunden hat, fast durchweg eine leichte Erhöhung der Rotschwelle im Vergleich zum Normalen und mit Ausnahme der Konduktorinnen für extreme Deuteranomalie und extreme Prot-

Tabelle 6

Zusammenstellung der Schwellenwerte Meister und Wieland für die Konduktorinnen

Art der Farbensinnstörung der Söhne		Rot mit Kontrastfeld				Grün mit Kontrastfeld			
		Meister		Wieland		Meister		Wieland	
		Anzahl		Anzahl		Anzahl		Anzahl	
Deuteranomalie	Mittelwert	18	5,0	34	10,9	18	11,3	34	24,8
	Maximum		6,6		61,2		27,9		61,2
	Minimum		3,1		1,5		7,2		9,7
Extreme Deuteranomalie	Mittelwert	3	5,1	8	10,0	3	8,4	8	28,8
	Maximum		6,5		30,0		11,3		47,3
	Minimum		2,7		4,2		6,2		18,4
Deuteranopie	Mittelwert	4	5,7	7	11,0	4	12,0	7	30,9
	Maximum		7,7		27,1		17,0		64,6
	Minimum		4,7		5,8		9,2		16,5
Protanomalie	Mittelwert	4	4,3	8	12,3	4	15,3	8	22,4
	Maximum		5,3		27,9		23,5		45,8
	Minimum		3,3		5,8		5,8		11,3
Extreme Protanomalie	Mittelwert	3	5,6	2	7,2	3	10,4	2	24,8
	Maximum		8,2		12,2		13,5		27,9
	Minimum		4,3		2,2		7,3		21,7
Protanopie	Mittelwert	3	7,7	10	12,8	3	20,6	9	27,0
	Maximum		12,1		27,1		25,5		50,0
	Minimum		5,1		5,3		14,0		20,0
Total	Mittelwert	35	5,3	69	11,1	35	12,3	68	25,9
	Maximum		12,1		61,2		25,5		64,6
	Minimum		2,7		1,5		5,8		9,7
Normale	Mittelwert	25	4,8	30	5,9	25	10,4	30	17,1
	Maximum		7,0		9,1		21,1		28,2
	Minimum		2,8		2,3		5,7		6,7

anomalie eine zum Teil sehr erhebliche Erhöhung auch der Grünschwelle festzustellen ist. Das gilt sowohl für die Untersuchung mit Kontrastfeld als auch für diejenigen ohne Kontrastfeld. Auch die Verhüllungsschwelle für Grün und Rot zeigt einen nennenswerten Unterschied von den Werten beim Normalen. Man könnte daran denken, daß das auf die geringe Zahl von Vpn. in der jeweiligen Gruppe zurückzuführen ist, doch spricht dagegen die Tatsache, daß k für Grün fast den Wert von 3 erreicht (s. S. 224 Anm.).

Tabelle 7

Schwellenwerte bei Konduktorinnen für Deuteranomalie

	mit Kontrastfeld		ohne Kontrastfeld		Verhüllung	
	Rot	Grün	Rot	Grün	Rot	Grün
Mittelwert M	5,0	11,3	6,0	19,2	12,1	11,5
Zahl der Versuchspersonen n	18	18	5	5	17	17
Mittlerer Fehler des Mittelwertes m	± 0,2	± 0,5	± 0,4	± 4,9	± 1,2	± 0,8
Streuung σ	± 1,0	± 2,3	± 1,0	± 11,0	± 4,9	± 3,3
k	0,7	1,1	1,0	0,1	2,8	1,5

Insgesamt können wir also sagen, daß bei den Konduktorinnen sowohl nach meinen wie nach den Wielandschen Untersuchungen bei Vorhandensein eines Kontrastfeldes die Schwelle für Rot, in stärkerem Maße aber die Schwelle für Grün erhöht ist, während sie ohne Kontrastfeld bisher nicht sicher nachweisbar vom Normalen abweicht. Bei der Verhüllungsschwelle ist der Unterschied deutlicher.

Diese Tatsache, die allerdings noch durch weitere Untersuchungen bestätigt werden müßte, legt den Gedanken nahe, daß die Erhöhung der Schwellen bei den Konduktorinnen vor allem dann bestehe, wenn die Kontrastfunktion in Tätigkeit tritt. Es widerspricht das allerdings anscheinend zunächst der bekannten Tatsache, daß die Anomalen selbst einen gesteigerten Kontrast besitzen, während augenscheinlich die Konduktorinnen eher eine schwächere Kontrastfunktion hätten. Es bedarf noch weiterer Untersuchungen, um diese theoretisch zunächst noch nicht recht verständliche Frage endgültig zu klären.

Um ebenso wie Wieland die Konduktorinnen auch bezüglich der Einstellung der Rayleigh-Gleichung zu prüfen, habe ich diese

Tabelle 8

Konduktorinnen: Rayleigh-Gleichung und Schwellenwerte

Konduktorin für	Normal-Rayleigh-Gleichung bei 58				Normal-Rayleigh-Gleichung bei 60			
	Nr.	Rayleigh-Gleichung	Rot mit Kontrast	Grün mit Kontrast	Nr.	Rayleigh-Gleichung	Rot mit Kontrast	Grün mit Kontrast
Deuter-Anomalie	1	59—61	6,4	9,1	17	57—60	4,7	11,1
	2	60—61	4,1	11,7	18	57—62	5,1	11,0
	3	53—56	5,7	7,2	19	60—62	6,1	17,9
	4	53—57	3,1	11,6	20	59—61	6,0	13,0
	5	55	4,6	10,6	21	59—61	5,0	9,7
	6	56—57	3,6	12,6	22	58—60	6,6	12,2
	7	60—62	4,6	13,0	23	57—59	4,1	12,3
	8	55—57	5,7	7,3	24	60—63	4,2	10,8
	9	54—58	5,8	11,4				
	10	57—58	5,1	11,4				
Extreme Deuter-Anomalie	11	59—61	6,5	6,2	25	60	2,7	7,7
					26	61—62	6,2	11,3
Deuteranopie	12	59—61	5,1	9,2	27	53—54	7,7	9,9
	13	57—59	5,2	11,9	28	60—61	4,7	17,0
Protanomalie	14	57—59	4,1	23,5	29	60—61	4,4	23,4
	15	55—58	3,3	5,8	30	57—58	5,3	8,5
Extreme Protanomalie	16	57—61	4,4	7,3	31	59—60	8,2	10,5
					32	$56^1/_2$	4,3	13,5
Protanopie					33	59—61	5,8	14,0
					34	60—62	5,1	22,4
					35	57—62	12,1	25,5

Untersuchung an einer Reihe von Fällen durchgeführt. Sie sind aus den Tab. 8 und 9 zu entnehmen.[1] Etwas Wesentliches in bezug auf die Korrelation zwischen der Einstellung der RAYLEIGH-Gleichung und der Schwellen mit Kontrast ist daraus nicht zu entnehmen. Insbesondere zeigen keinesfalls diejenigen Konduktorinnen, die eine etwas nach dem Grün zu verschobene Einstellung haben, höhere Schwellenwerte. Es deckt sich das durchaus mit den Untersuchungen WIELANDS, der ebenfalls keine eindeutige Beziehung in dieser Richtung feststellen konnte.

Tabelle 9

Konduktorinnen: Rayleigh-Gleichung und Schwellenwerte

Konduktorin für	Normal-Rayleigh-Gleichung bei 60			
	Nr.	Rayleigh-Gleichung	Rot ohne Kontrast	Grün ohne Kontrast
Deuter-Anomalie	36	58—60	4,9	18,6
	37	59—60	6,1	11,3
	38	57—58	4,8	11,7
	39	56—61	7,0	40,6
	40	60—63	7,2	13,6
Extreme Deuter-Anomalie	41	60—62	4,4	19,7
	42	60—63	7,3	21,6
	43	60—61	5,8	18,3
Deuteranopie	44	60—62	9,5	17,7
	45	61—64	5,6	14,2
Protanomalie	46	57—60	9,2	18,0
	47	$62^1/_2$—63	9,1	21,4
	48	60—64	7,1	17,6
Extreme Protanomalie				
Protanopie	49	58—59	5,2	34,8

Im Zusammenhang mit meinen, zum Teil von WIELAND abweichenden Resultaten habe ich eine Reihe von denjenigen Konduktorinnen, bei denen WIELAND besonders hohe Schwellen gefunden hatte, nachuntersucht. Es ergab sich hier, daß diese zwar zum großen Teil auch nach meinen Untersuchungen höhere

[1] Daß die mittlere Einstellung des Normalen einmal 58, dann 60 Skalenteile des Mischlichtes beträgt, beruht auf den bekannten Schwankungen, die durch äußere Umstände bedingt werden (jeweilige Intensität der Lichtquelle, Temperatur des Apparates u. a.). Verwendet wurde das Anomaloskop von SCHMIDT und HAENSCH mit Auerlicht.

Schwellen hatten als den Mittelwerten der Normalen entspricht, daß sie aber doch nicht entfernt so hohe Schwellen aufwiesen, wie sie WIELAND für diese Personen gefunden hatte. Eine Erklärung hierfür ist schwer zu geben. Man kann daran denken, daß eine gewisse Übung, die die Vp. durch die wiederholten Untersuchungen erworben hatten, schwellenerniedrigend gewirkt hat. Jedenfalls beweist auch diese Tatsache, daß die Untersuchungen am Stufenphotometer unter sehr großen Kautelen vorgenommen und ihre Resultate nur mit einer gewissen Reserve verwertet werden dürfen.

Zusammenfassung

Die Untersuchung der spezifischen Farbenschwellen mit und ohne Kontrastfeld und der Verhüllungsschwelle für Rot und Grün mit Hilfe des PULFRICHschen Stufenphotometers hat im allgemeinen eine Bestätigung der Resultate, die WIELAND mit diesem Verfahren erhoben hatte, gegeben. Die hier festgestellten Werte sind freilich niedriger als die von dem genannten Autor ermittelten.

Dieser Unterschied mag einerseits auf einer besseren Bekanntschaft mit dem Verfahren beruhen, andererseits aber wohl auf Differenzen in der Handhabung des Verfahrens seitens des Versuchsleiters. Das Stufenphotometer ist, wie jede zur subjektiven Beobachtung verwendete Methode gewissen Fehlerquellen unterworfen, die sich bei ihrer Kenntnis zum Teil, aber keineswegs durchweg ausschalten lassen.

Ebenso wie die von WIELAND angestellten Untersuchungen an Konduktorinnen für Farbensinnstörungen haben auch die hier mitgeteilten Beobachtungen gezeigt, daß eine, wenn auch nur geringe Erhöhung der Schwellen für Rot und namentlich für Grün besteht und daß auch, wie bei den Normalen und Farbenuntüchtigen, die Versuchsbedingungen, insbesondere ob mit oder ohne Kontrastfeld geprüft wird, von sehr wesentlichem Einfluß sind.

Die Divergenzen in den Ergebnissen zwischen den beiden Untersuchern mahnen aber bei Anwendung des Stufenphotometers dazu, die gewonnenen Resultate nur mit einer gewissen Kritik zu bewerten.

Bemerkenswert ist die Erhöhung der Verhüllungsschwelle für die Konduktorinnen. Diese Tatsache wäre allerdings noch durch weitere Untersuchungen zu sichern.